

水利工程施工中混凝土裂缝的防治措施分析

宋杨吟 陆洁 叶飞

昆山市水务工程建设管理处 江苏 昆山 215300

摘要：水利工程混凝土裂缝成因复杂，受材料、施工、环境因素影响，易出现多种类型裂缝。防治上，材料优化方面，要选低水化热水泥、控制用量，优化骨料级配与性能，合理适配外加剂与掺合料；施工全过程管控上，要严格把控搅拌运输、优化浇筑振捣工艺、精准控制模板支护与拆除时机；养护与修复加固方面，实施精细化养护，全面检测并分类评估裂缝，针对不同类型裂缝，分别采用表面封闭、压力灌浆、加固处理等技术，保障水利工程安全稳定。

关键词：水利工程；混凝土施工；裂缝防治；措施分析

引言：在水利工程中，混凝土结构占据着关键地位，其质量直接影响工程的整体性能与长久稳定。然而，受材料、施工及环境等多方面因素影响，混凝土裂缝问题频繁出现，给工程安全带来潜在威胁。这些裂缝不仅会降低混凝土的强度与耐久性，还可能引发渗漏等病害，威胁工程正常运行。为有效应对这一难题，需从材料优化、施工全过程管控、精细化养护以及裂缝修复加固等多方面入手，构建一套科学完善的防治体系，保障水利工程混凝土结构的质量与安全。

1 水利工程混凝土裂缝的形成机理与影响因素

在水利工程施工中，混凝土裂缝的形成机理核心在于其内部所承受的应力超出了材料自身的抗拉强度极限，进而引发开裂。鉴于水利工程规模宏大、结构复杂且施工环境多变，影响混凝土裂缝产生的因素呈现出高度的复杂性与多样性，可系统归纳为材料本身因素、施工过程因素以及环境条件因素三大类别。（1）材料因素方面，水泥品种的选择与用量把控至关重要，不同品种水泥的水化热特性差异显著，过量使用高水化热水泥易导致内部温度骤升，增大开裂风险；骨料的级配与性能同样不容忽视，级配不良或含泥量过高的骨料会削弱混凝土的整体强度与稳定性；外加剂的适配性也需严格考量，不恰当的外加剂可能引发混凝土性能异常。（2）施工因素层面，搅拌均匀性直接影响混凝土的匀质性，搅拌不充分易造成局部强度不足；浇筑振捣质量关乎混凝土的密实度，振捣不到位会留下孔隙与软弱带；模板支护与拆除时机的选择需精准，过早拆除可能导致结构失稳；施工缝的处理也需细致入微，处理不当易形成薄弱界面。（3）环境因素方面，温度变化会引发混凝土的热胀冷缩，产生温度应力；湿度波动则影响混凝土的收缩与徐变特性；风力作用可能加速混凝土表面的水分蒸

发，导致表面干缩裂缝的产生。这些因素相互交织、共同作用，易使混凝土在凝结硬化阶段或后期使用阶段出现收缩裂缝、温度裂缝、沉降裂缝等多种类型裂缝，因此必须针对性地制定科学有效的防治措施^[1]。

2 基于材料优化的裂缝源头防治措施

2.1 水泥品种选择与用量控制

在基于材料优化开展混凝土裂缝源头防治工作中，水泥品种的选择与用量控制是极为关键的举措。（1）水泥在水化反应过程中会释放大量热量，这是引发混凝土温度裂缝的主要诱因之一。所以，合理挑选水泥品种并精准把控其用量，是材料优化的核心要点。（2）应优先选用水化热低、凝结硬化速度适中的水泥类型。这类水泥在水化时释放的热量相对较少，能够有效降低混凝土内部与表面因热量差异而形成的温差，进而减少温度裂缝产生的可能性。（3）在确保混凝土强度和工作性能达到设计要求的基础上，要尽可能减少水泥的使用量。可通过掺入活性掺合料，如粉煤灰、矿渣粉等，来替代部分水泥。这样做不仅能降低水化热，还能改善混凝土的和易性，使其在施工过程中更易于操作，同时增强混凝土的耐久性。不过，水泥用量的减少并非无限制，必须严格把控减少范围，防止因胶凝材料不足而致使混凝土强度降低，影响工程质量。

2.2 骨料级配优化与性能提升

在混凝土材料优化以防治裂缝的举措中，骨料级配的优化与性能提升占据着举足轻重的地位。（1）骨料作为混凝土的重要组成部分，在整体体积中占比颇大，其级配、粒径大小、强度高以及吸水率等性能指标，对混凝土的体积稳定性和抗裂性能有着直接且关键的影响。（2）优化骨料级配时，要严格遵循“连续级配、空隙率最小”的科学原则。通过精心合理搭配不同粒径的

骨料,使骨料之间紧密填充,最大程度减少骨料间的空隙。如此一来,不仅能降低水泥浆的用量,节约成本,还能显著提升混凝土的密实度,增强其体积稳定性,从根本上减少裂缝产生的可能性。(3)在骨料选择上,应优先挑选强度高、吸水率低且性能稳定的骨料。坚决避免使用含泥量过高、风化严重或者含有有害物质的骨料,因为这些存在性能缺陷的骨料,极易在混凝土内部引发应力集中现象,进而导致裂缝的产生。另外,适当增大粗骨料的粒径,能够有效减少混凝土的收缩变形,进一步提升其抗裂能力,保障水利工程的施工质量^[2]。

2.3 外加剂与掺合料的合理适配

在水利工程混凝土材料优化以防治裂缝的进程中,外加剂与掺合料的合理适配是极为关键的一环,能显著改善混凝土的工作性能与抗裂性能。(1)依据混凝土的施工实际需求和性能标准要求,精准选择适配的外加剂类型至关重要。例如,缓凝剂能延长混凝土的凝结时间,使混凝土在较长时间内保持塑性,有效减少施工环节因水分过快蒸发而产生的塑性收缩裂缝;减水剂在确保混凝土和易性不受影响的前提下,降低水胶比,进而提升混凝土的强度与密实度,增强其抵抗裂缝产生的能力;膨胀剂可产生适度的膨胀变形,巧妙抵消混凝土的收缩变形,从根本上预防收缩裂缝的出现。(2)活性掺合料如粉煤灰、矿渣粉等,掺入混凝土后能与水泥水化产物发生二次反应,优化混凝土内部微观结构,降低水化热,同时提升混凝土的抗渗性与抗裂性。不过,必须严格把控外加剂与掺合料的掺量,若掺量不当,极有可能使混凝土性能劣化,反而增加裂缝产生的风险。

3 施工全过程的裂缝管控技术措施

3.1 混凝土搅拌与运输过程管控

在水利工程混凝土施工全过程的裂缝管控工作中,混凝土搅拌与运输环节的管控占据着至关重要的地位。(1)混凝土搅拌的均匀性直接决定了其性能能否均匀分布。若搅拌不充分,混凝土内部会出现强度薄弱区域,在后续荷载与环境因素的共同作用下,这些区域极易产生裂缝。因此,必须严格把控搅拌参数,确保搅拌时间充足,使水泥、骨料、外加剂等各类原材料充分融合,达成均匀混合的理想状态。同时,要精准控制水胶比与坍落度,水胶比过大或坍落度不符合要求,会因加水过量而增大混凝土的收缩,进而引发裂缝。(2)运输环节同样不容小觑。应依据工程实际情况挑选适配的运输设备,以降低运输过程中混凝土离析与泌水的发生概率。运输时间必须严格控制在混凝土初凝时间之内,若运输距离较长或环境温度较高,需采取遮阳、保湿等有效举

措,减少水分蒸发。必要时,可掺入适量缓凝剂,避免混凝土在运输途中过早凝结,影响施工质量与结构安全,为后续施工及工程整体质量奠定坚实基础。

3.2 浇筑与振捣工艺优化

在施工全过程裂缝管控里,浇筑与振捣工艺的优化是保障混凝土质量、预防裂缝产生的关键环节。(1)浇筑工艺的合理性对混凝土密实度与内部应力分布起着决定性作用。要依据混凝土结构的体型与独特特点,精准挑选适宜的浇筑方式,如分层浇筑、分段浇筑等。同时,严格把控浇筑层厚度与浇筑速度,防止混凝土堆积过高,造成内部温度积聚、应力集中,为裂缝的产生埋下隐患。浇筑时,务必保证混凝土布料均匀,杜绝离析现象的发生。(2)振捣环节同样不容小觑。需选用合适的振捣设备,并运用科学的振捣工艺,确保混凝土振捣密实,有效消除内部气泡与空隙。但要避免过度振捣,以防骨料下沉、水泥浆上浮,进而引发表面裂缝。振捣过程中,振捣棒应遵循快插慢拔的原则,均匀分布振捣点,使振捣范围全面覆盖整个浇筑区域,保障混凝土质量。

3.3 模板支护与拆除时机控制

在施工全过程裂缝管控工作中,模板支护与拆除时机的精准控制是保障混凝土结构质量、预防裂缝产生的重要举措。(1)模板支护的稳定性与刚度对混凝土浇筑后的成型质量及应力状态有着直接影响。模板设计必须满足强度与刚度要求,支护过程中要确保稳固可靠,防止在浇筑时出现模板变形、位移等情况。一旦模板出现问题,不仅会使混凝土结构表面凹凸不平,影响外观质量,还会在混凝土内部产生附加应力,为裂缝的产生创造条件。同时,模板接缝处要密封严密,杜绝漏浆现象,以免影响混凝土的密实性和强度。(2)模板拆除时机的把控更是关键。拆除过早,混凝土强度尚未达到要求,无法承受自身重量和外部荷载,极易引发裂缝;拆除过晚,模板与混凝土间粘结力过大,或混凝土收缩受到约束,同样会产生裂缝。因此,要根据混凝土强度发展状况、结构类型以及环境温度等因素,科学合理地确定模板拆除时间,并严格遵循“先支后拆、后支先拆”的原则^[3]。

4 混凝土养护与裂缝修复加固措施

4.1 精细化养护技术实施

在水利工程中,混凝土养护与裂缝修复加固是保障工程质量的关键环节,其中精细化养护技术的实施尤为重要。(1)混凝土养护的核心在于为水泥水化营造适宜环境,通过保持表面湿润、控制温度变化,促进强度稳步发展并减少收缩变形。(2)需依据环境温度、湿度

等实际条件,精准选择养护方式。高温干燥时,宜采用洒水养护、覆盖保湿材料养护或喷雾养护,增加频次、延长时长,并辅以遮阳、降温举措,缩小混凝土表面与内部的温差;低温环境下,则要采取保温养护,防止混凝土受冻损害。(3)养护时间必须严格达标,通常不少于14天。对于大体积混凝土或对性能有特殊要求的混凝土,还应适当延长。此外,养护全程都要小心谨慎,避免对混凝土表面造成碰撞与扰动,以免破坏其表面结构,影响养护效果,进而降低混凝土的抗裂性能与整体质量,为水利工程的长久稳定运行埋下隐患。

4.2 裂缝检测与分类评估

在水利工程混凝土裂缝修复加固工作开展前,全面且精准的裂缝检测与科学合理的分类评估是不可或缺的关键步骤,其能为后续修复方案的合理制定提供坚实可靠的依据。(1)裂缝检测内容丰富且细致,涵盖裂缝所处的具体位置、实际长度、可见宽度、潜在深度、延伸走向以及未来发展趋势等多个方面。为确保检测结果精准无误,需综合运用多种检测方法,如通过目测初步判断裂缝的大致情况,利用尺量获取裂缝的长度、宽度等精确数据,再借助超声波检测技术深入探测裂缝的深度及内部结构状况。(2)依据裂缝的宽度、深度以及对结构性能产生的影响程度,可将其细致划分为细微裂缝、中等裂缝和严重裂缝。对检测所得数据进行系统深入的分析,全面评估裂缝的危害性和发展潜力,同时精准明确裂缝产生的原因,如此方能为选择最具针对性、最有效的修复措施提供有力支撑,保障水利工程混凝土结构的安全与稳定。

4.3 针对性修复与加固技术应用

在水利工程混凝土裂缝修复加固工作中,依据裂缝的不同类型精准选用修复与加固技术,是保障结构安全与耐久性的关键。(1)对于宽度较小且对结构安全无显著影响的细微裂缝,表面封闭法是理想选择。具体操作

是,将环氧树脂涂料等密封材料均匀涂抹于裂缝表面,形成致密防护层,有效阻止水分和有害物质侵入,避免裂缝进一步扩展。(2)当裂缝宽度较大但尚未贯通时,压力灌浆法更为适用。借助压力设备,把水泥浆、环氧树脂浆液等补强材料精准注入裂缝内部,充分填充空隙,使混凝土恢复整体性,增强其强度。(3)若裂缝已贯通或对结构安全构成严重威胁,则需采用加固处理技术,如粘贴碳纤维布可利用其高强度特性提升结构承载力,外包钢板能显著增强结构的稳定性。在修复与加固过程中,必须严格把控施工工艺,确保修复材料与原有混凝土紧密结合,从而保证修复效果可靠,切实保障水利工程的安全运行^[4]。

结束语

水利工程混凝土裂缝的防治是一项系统性工程,需贯穿材料选择、施工管控、养护修复全流程。从基于材料优化的源头防治,到施工全过程的精细化管控,再到养护阶段的科学养护与裂缝出现后的精准修复加固,每一步都紧密关联、缺一不可。通过合理选材、优化工艺、精准养护与科学修复,可有效降低裂缝产生概率,提升混凝土结构抗裂性能与耐久性。唯有严格把控各环节质量,遵循科学规范,才能切实保障水利工程的安全稳定运行,使其更好地服务于社会经济发展与民生需求,为水利事业的长远发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]李海涛.水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术探讨[J].水上安全,2024(08):185-187
- [2]王立群.水利工程施工中混凝土裂缝的防治措施[J].水上安全,2024(14):196-198
- [3]孟翔.水利工程施工中混凝土裂缝防治技术分析[J].水上安全,2025(01):183-185.
- [4]韩冬玥.水利工程混凝土浇筑施工裂缝控制技术分析[J].水上安全,2023(07):179-181.